

(19) FRENCH REPUBLIC

NATIONAL INSTITUTE
OF INDUSTRIAL PROPERTY

PARIS

(11) Publication No.: 2 603 209
(use only for ordering copies)
(21) National Registration No.: 86 12300
(51) Int. Cl.⁴: B 01 J 19/26

(12)

PATENT APPLICATION

A1

(22) **Filing date:** 28 August 1986

(71) **Applicant(s):** SEROLE Bernard Pierre.
FR.

(30) **Priority:**

(72) **Inventor(s):** Bernard Pierre Serole.

(43) **Date application laid public:**
BOPI "Brevets" No. 9 of 4 March 1988.

(60) **Reference to other related national
documents:**

(73) **Holder(s):**

(74) **Attorney(s):**

(54) **Nozzle for continuous chemical reaction.**

(57) The invention concerns a nozzle for continuous chemical reaction, making it possible to bring into contact the substances involved in a chemical reaction in a precise and well localized reaction zone.

The device according to the invention is comprised of a convergent toroidal nozzle, distributing one of the substances in the form of a conical jet with slightly converging angle at high velocity in a focus. The vertex angle of this jet is such that the fluid jet carries along the other substances participating in the reaction in the focus. The secondary substances are injected into the focus where the reaction occurs either by aspiration in the prechamber or in the focus. This nozzle can combine molten metal atomization with chemical reaction.

The present invention concerns a nozzle for chemical or physico-chemical reaction, making it possible to operate continuously and bring about a homogeneous contact between the components participating in this chemical reaction.

The chemical reactions carried out in industry place in contact substances in the solid, liquid or gaseous state, which react with consumption or production of heat. These reactions are economically performed under well specified conditions of pressure and temperature. The substances are in well defined proportions, generally stoichiometric ones. It is important that these conditions be fulfilled at every point of space and be stable over time.

The state in which each substance exists is important in terms of form, since chemical reactions are surface phenomena. Thus, a solid needs to have an elevated specific surface. A gas should have an elevated volume distribution and good convection. A liquid should be finely divided. Now, the principle of increasing entropy shows that molecules close in shape and dimension easily mingle, while molecules of distant shape and dimension refuse to mix. A solid or liquid needs to have no surface layers comprised of oxides, absorbed or adsorbed gases, or impurities which form any barrier to the reaction.

The methods used at present to produce contact between several substances entering into an industrial chemical reaction are many and well-known to the practitioner. We shall mention the main ones.

One makes use of a shower of liquid in a gaseous atmosphere or onto a solid, the injection of a pressurized liquid or gas into a vessel, the bubbling of gas in a liquid or the supplying of gas beneath a finely divided solid at such a rate that said gas fluidizes the solid.

We can contemplate a chemical reaction requiring that a fluid A be placed in the presence of another fluid B in a vessel known as a reactor. The figure (1) shows how one can use a porous disc diffuser 1 or a micro-orifice diffuser 2. The reactor is heated when the reaction is endothermal, or cooled when it is exothermal. The fluids mix progressively and the reaction is propagated throughout the reactor volume by convection.

One can improve the device by injecting the pressurized fluids with injectors as shown in figure (2). In this case, the pressurized jets still mix badly and get progressively better when the convection is forced. If one of the components is a liquid or a solid, matters are worse. Any fluid jet in movement embodies a static pressure and a dynamic pressure. These two together form a barrier. Figure (3) shows how a liquid jet hitting a gas jet at high speed, intended to dislocate it, actually bounces off it as though it were a moving solid surface. The liquid is represented by 1, the gas by 2.

It very often happens that the group of substances placed together are not processed in homogeneous manner or very slowly and therefore do not react in homogeneous fashion. On the other hand, the volume localization is not precise, so that these reactions are carried out inside large-size enclosures and only one reaction per vessel may occur continuously.

The device according to the invention makes it possible to localize the chemical reaction in a restricted volume which is precisely situated in space, and to place in contact the substances participating in

said chemical reaction in a homogeneous manner, protecting them from impurities. It is possible to act on substances as soon as they are formed, in the nascent state.

The device according to the invention functions by the following principle. This is shown by figure (4). One of the components of the chemical reaction, preferably the gaseous or liquid substance having the largest mass flow rate, is distributed under high pressure by a toroidal nozzle 1, whose stabilization chamber 2 opens through a calibrated passage to make the fluid 3 converge at a point known as the focus 4 and which is in fact a small focal volume. The vertex half-angle of the cone formed by the flow of fluid with the axis of symmetry of the nozzle is small enough, generally 7° , so that the volume of gas located in the prechamber 5 is carried along by intermolecular or interatomic friction toward the bottom of the figure.

The orifice 6 is regulated with cutting lips if the fluid is a liquid, to ensure the separation of the liquid streams. If the fluid is a gas, the orifice is converging-diverging if conditions are subsonic, and it is formed as a special nozzle, described hereafter, if conditions are supersonic, which is the more often preferable.

The case where the fluid used is a gas and one wishes to achieve a supersonic flow is the only one presenting any difficulty to the practitioner and requiring uncustomary forms which we shall describe below. The physical formulas used can be found in any modern textbook of fluid mechanics. Refer to figure (4), the enlargement of the drawing of the orifice showing the current cross sections S_x and S_y ; the inlet cross section S_1 , the throat cross section S_0 , and the exit cross section S_2 . It should be noted that this magnification does not correspond to any classical form, but rather is the cross section by a plane passing along the axis of the nozzle. The orifice in space is the figure generated by rotating this figure about the axis of the nozzle along the cone with vertex half-angle α . Thus, cross sections like S_0 should be calculated as the surface difference between two circles borne by a cone with vertex half-angle $\pi - \alpha$.

Noting these precautions, the principle of conservation of energy in an adiabatic pressure reduction between two points x and y is written by equating the decrease in enthalpy h to the increase in kinetic energy:

$$h_x - h_y = 1/2(v_y^2 - v_x^2)/J = C_p(T_x - T_y)$$

where:

h enthalpy

v velocity

J mechanical equivalent of the calorie

C_p specific heat at constant pressure

C_v specific heat at constant volume

T temperature in Kelvin or absolute temperature or $^\circ C + 273$

For perfect gases, the enthalpy is equal to the product of the specific heat and the absolute temperature. The principle of conservation in continuous flow is written by equating the mass flow rates in the cross sections x and y :

$$m_x = m_y = s_x \cdot v_x / V_x = s_y \cdot v_y / V_y$$

The law of perfect gases is:

$$P_x \cdot V_x = R \cdot T_x$$

where:

R is the perfect gas constant, divided by the molecular mass of the gas.

$$\text{If: } \gamma = C_p/C_v$$

$$C_p - C_v = R/J$$

$$C_p = \gamma R/(\gamma - 1) J$$

The specific heat at constant pressure being the partial derivative of the enthalpy at constant temperature and pressure, for an isentropic flow we have at two points x and y :

$$T_x / T_y = (P_x / P_y)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (V_y / V_x)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

For an isentropic pressure reduction:

$$T_o = T + V^2/(2 C_p J)$$

For an adiabatic flow:

$$T_o / T = (P_o / P)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (V / V_o)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

The speed of sound is:

$$a = \sqrt{\gamma R T}$$

Mach's number is v/a

$$\text{or } M = \sqrt{2/(\gamma - 1) \cdot (T_o / T - 1)}$$

In a supersonic nozzle, the Mach number at the cross section throat S_o is equal to 1.

The cross section ratio of the nozzle is:

$$\frac{S_x}{S_o} = \frac{M_x}{M_o} \sqrt{\frac{1 + [(\gamma-1)/2] M_x^2}{1 + [(\gamma-1)/2] M_o^2}} \frac{1}{\gamma - 1}$$

It should be noted that the form of nozzle thus defined bears a certain resemblance to a Laval nozzle in partial cross section and straightening out the axis, but its form is fundamentally different, as we have seen above when calculating the cross sections. Each cross section S_1 , S_o , S_2 is developed by conical rotation about the axis of the nozzle and is borne on the cone with vertex half-angle $\pi - \alpha$.

By this means, the gas is concentrated at the focus F under the best aerodynamic conditions. Good adjustment of the half-angle α near 7° results in aspiration of any product from the prechamber 5.

Figure 5 shows how such a nozzle can be organized to place in contact the substances involved in the chemical or physico-chemical reaction.

The nozzle 1 receives the gas in its chamber 3 through symmetrical entrances 2 and distributes it in supersonic speed to the focus F . The lower surface 5 is spherical and its equation is obtained by the derivative of the pressure field which is a hyperbolic field in order to avoid a pressure drop at F . This continues into a classical Laval nozzle to facilitate the evacuation toward the bottom of the figure of the

reaction products. The second liquid, solid or gaseous substance is brought in via the prechamber 6 by an injector or a nozzle 7. It is then aspirated and introduced forcefully at F, instead of being repelled by this high-pressure zone, as we have seen above with figure (3). Its presence reinforces the pressure at F. An increase in heat by mixing or reaction occurs in the same proportion as given by the perfect gas equation already noted:

$$P \cdot V = R \cdot T$$

Immediately downstream from F, toward the bottom of the figure, the pressure is low. Hence, we see an explosive pressure reduction. The sudden speed-up approximately in the half-sphere opposite the nozzle is manifested as an atomization mushroom or cloud with center F and violent evacuation of the resulting products toward the bottom of the figure.

The focal volume surrounding the focus F is a homogeneous zone and a forced passageway for all the substances entering into the reaction. Here, contact occurs at the atomic or molecular level. For a gas flow rate of 1000 NM³/hour, the focal zone F may have a diameter of only several millimeters. The exit cross section toward the bottom may have a diameter of 200 mm. Since the normal power needed to compress 1000 NM³/h of argon to only 15 bars absolute is 200 KW, one can appreciate the pressure and velocity conditions prevailing at the focus and the exceptional efficiency of the device according to the invention. Supplemental solid, liquid or gaseous substances can be introduced into the reaction zone F by the prechamber injectors 8 if they are in low pressure or by a focal injector 9 if they are in high pressure, and they will participate in the atomization cloud. In this way, all of the substances will be forced to pass into their most reactive state at F. Each method of introducing the substances, namely, the nozzle 1, the central injector 7, the prechamber injector 8, the focal injector 9, can bring about a mixing or products in reaction. For example, the stabilization chamber of the nozzle 3 can receive two different reactive gases through two symmetrical inlets.

According to one variant, the focus F can be subjected to an electrical ignition 10, by a familiar model. In this case, a high-frequency pilot arc voltage will preferably be applied between the electrodes, followed by the main current.

In the following variant, this electrical ignition, designated as 10, is transformed by two electrodes, an anode and a cathode, producing an electric arc; one will then have an increased temperature and ionization, which will augment the yield of the reaction.

The presence of a catalyst at one of the circuits is possible.

Figure (6) shows a sample embodiment of the device. A preheated crucible 1, having a calibrated spout 2 in its bottom, is mounted in the prechamber of the nozzle 3, whose expansion chamber 4 is fed with two reactive gases which will converge at F, as seen above. If the crucible is fed with molten metal and the latter is aspirated toward the focus F, it will become atomized as micron-sized droplets at F by the very gases with which it is supposed to react. The still molten metal is still nascent, not yet contaminated or oxidized, and it reacts with very superior yield. The reaction products are more clean, of more regular quality, and if the reaction is endothermal one will need to provide less heat; if exothermal, one will have

more heat to recover. The heat of atomization is advantageously recovered by an exchanger 5 to reheat the crucible 6 or for another use.

The reaction products can be directly recovered in a cyclone or another recuperation device without having to go through a large-dimension chamber.

The treatment and the processing of the gas is known from elsewhere, whether it be a closed, open, or mixed circuit. That is, for example, closed circuit for the atomization gas, open for the reaction gases.

The primary advantage of the device is its increased yield, however another major advantage of the device according to the invention is to eliminate large vats by concentrating the reaction zone. Thus, the problems of safety, pollution, and energy economy are simplified yet again.

CLAIMS

- 1) Device making it possible to localize a chemical reaction in a reduced and precisely localized zone by means of a convergent nozzle, characterized by the fact that one or more fluids converge at a focus in the form of a cone and entrain by aspiration the other components of said chemical reaction into this focus.
- 2) Device per Claim 1, characterized in that this toroidal nozzle distributes the gaseous fluid in the form of a supersonic nozzle developed by a conical rotation about the axis of said nozzle.
- 3) Device per Claim 1, characterized in that the central passage of this nozzle constitutes the throat of a Laval nozzle.
- 4) Device per Claim 1, characterized in that supplemental substances are introduced by a central injector or spout, coaxial with the cone of fluid generated by the nozzle and directed toward the focus.
- 4) [sic!] Device per Claim 1, characterized in that the supplemental substances at low pressure are introduced by one or more injectors into the prechamber of the nozzle.
- 5) Device per Claim 1, characterized in that supplemental substances under high pressure are introduced into the focus by injectors facing the focus in the secondary chamber.
- 6) Device per Claim 1, characterized in that the fluid supplied by a spout through the prechamber of the nozzle is a molten metal to be atomized by the gas or the liquid of the nozzle.
- 7) Device per Claim 1, characterized in that the focus is fitted with an electrical ignition.
- 8) Device per Claim 1, characterized in that the focus is subjected to an electric arc.

PLANCHE 1/5

2603209

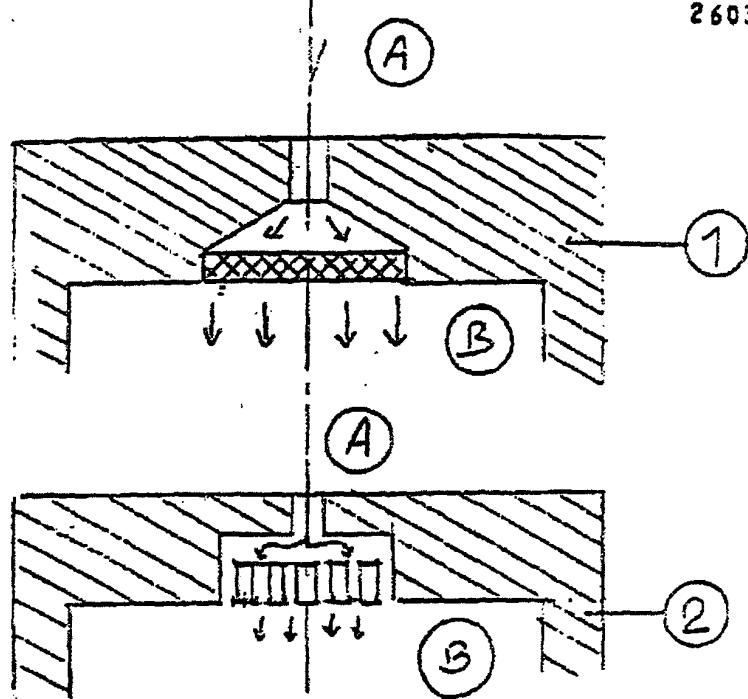


FIG. 1.

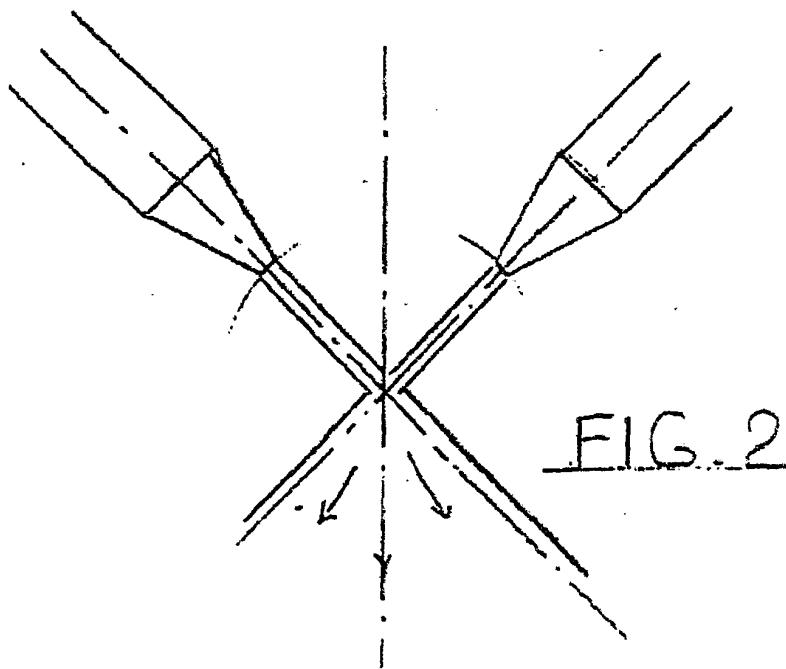


FIG. 2

2603209

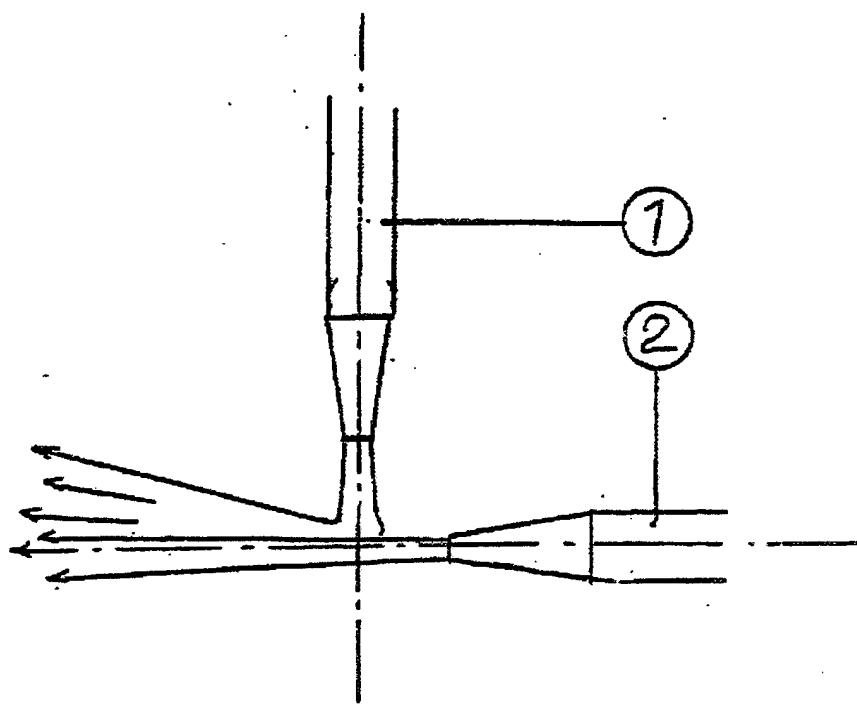
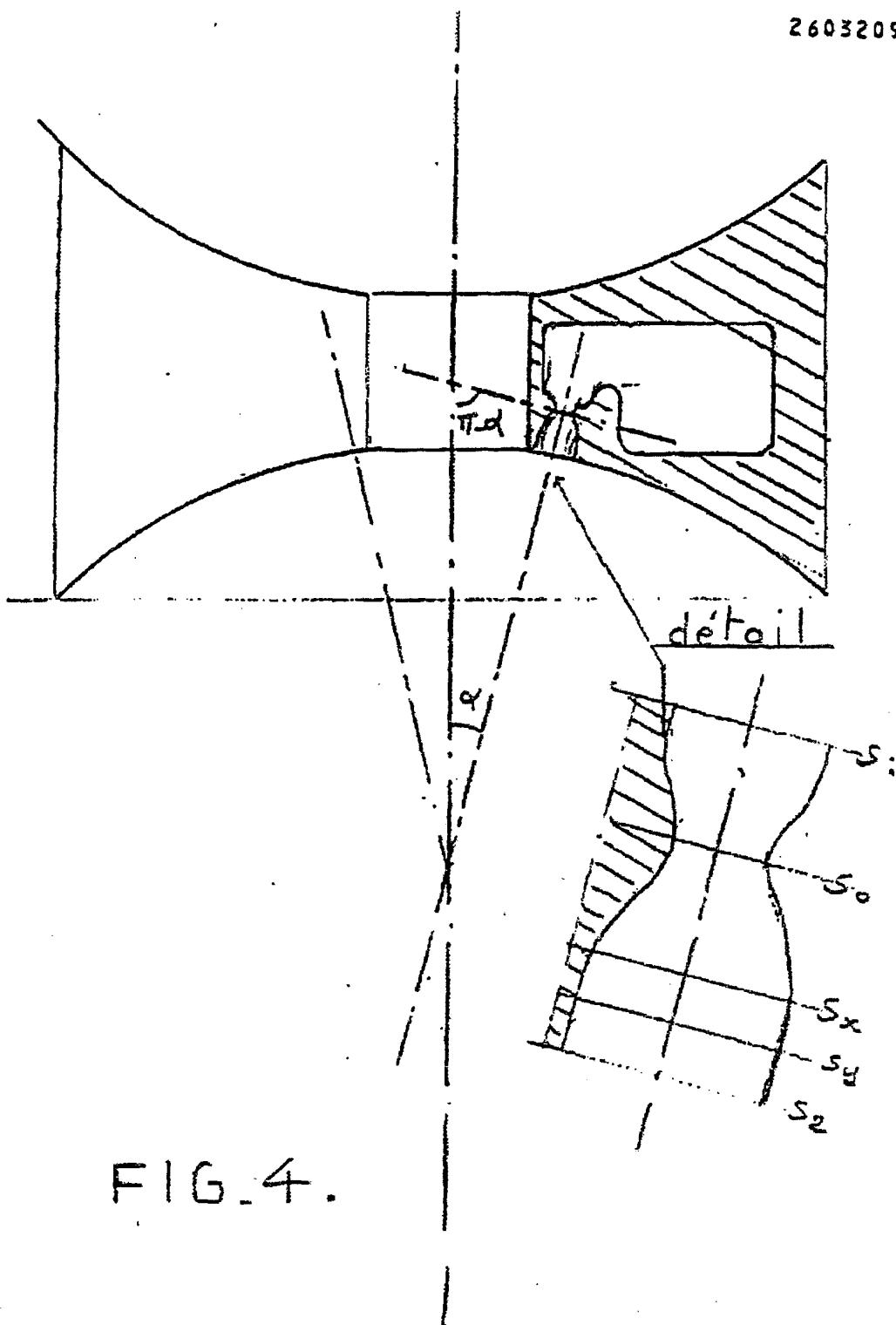


FIG. 3

2603209



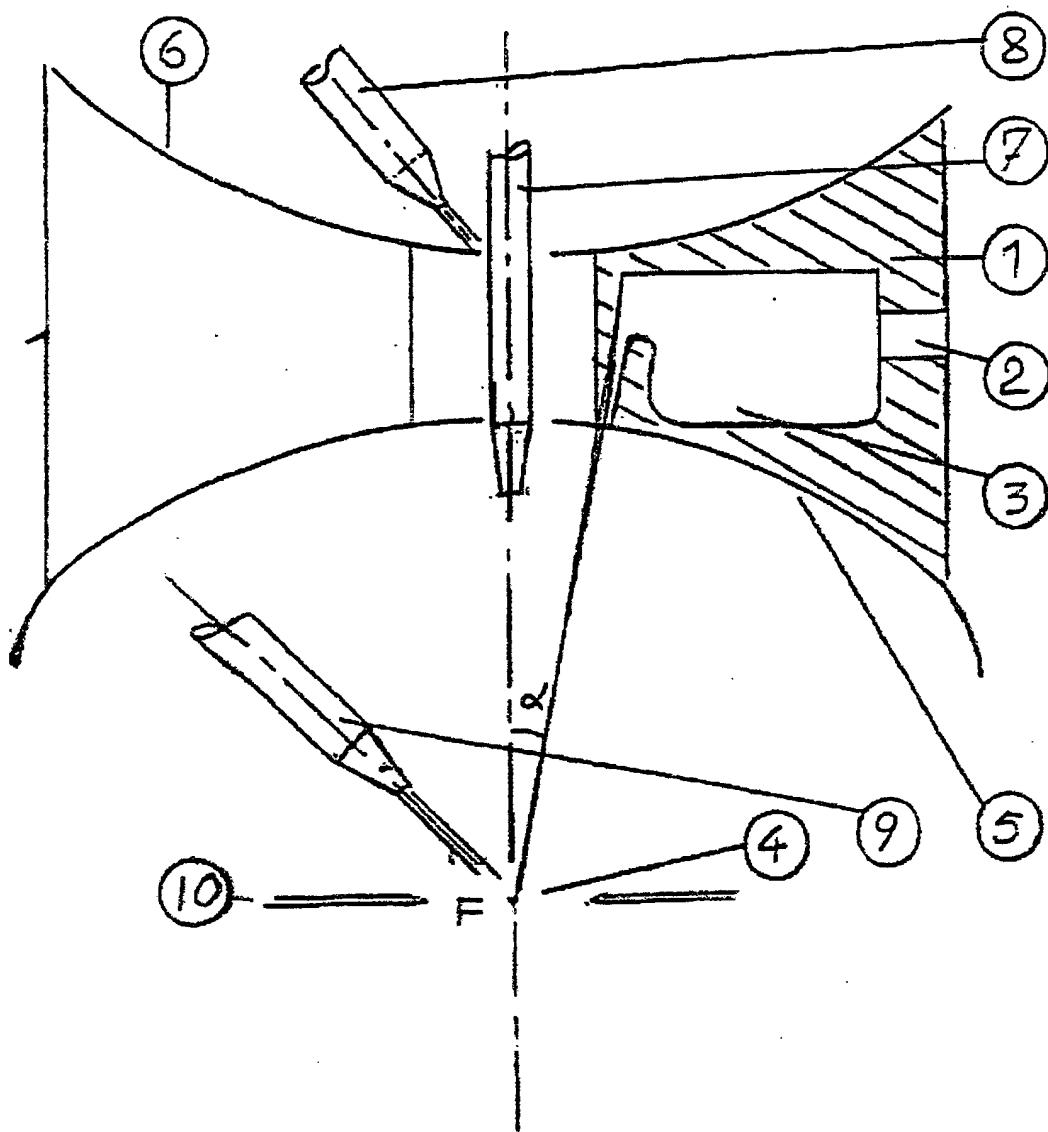
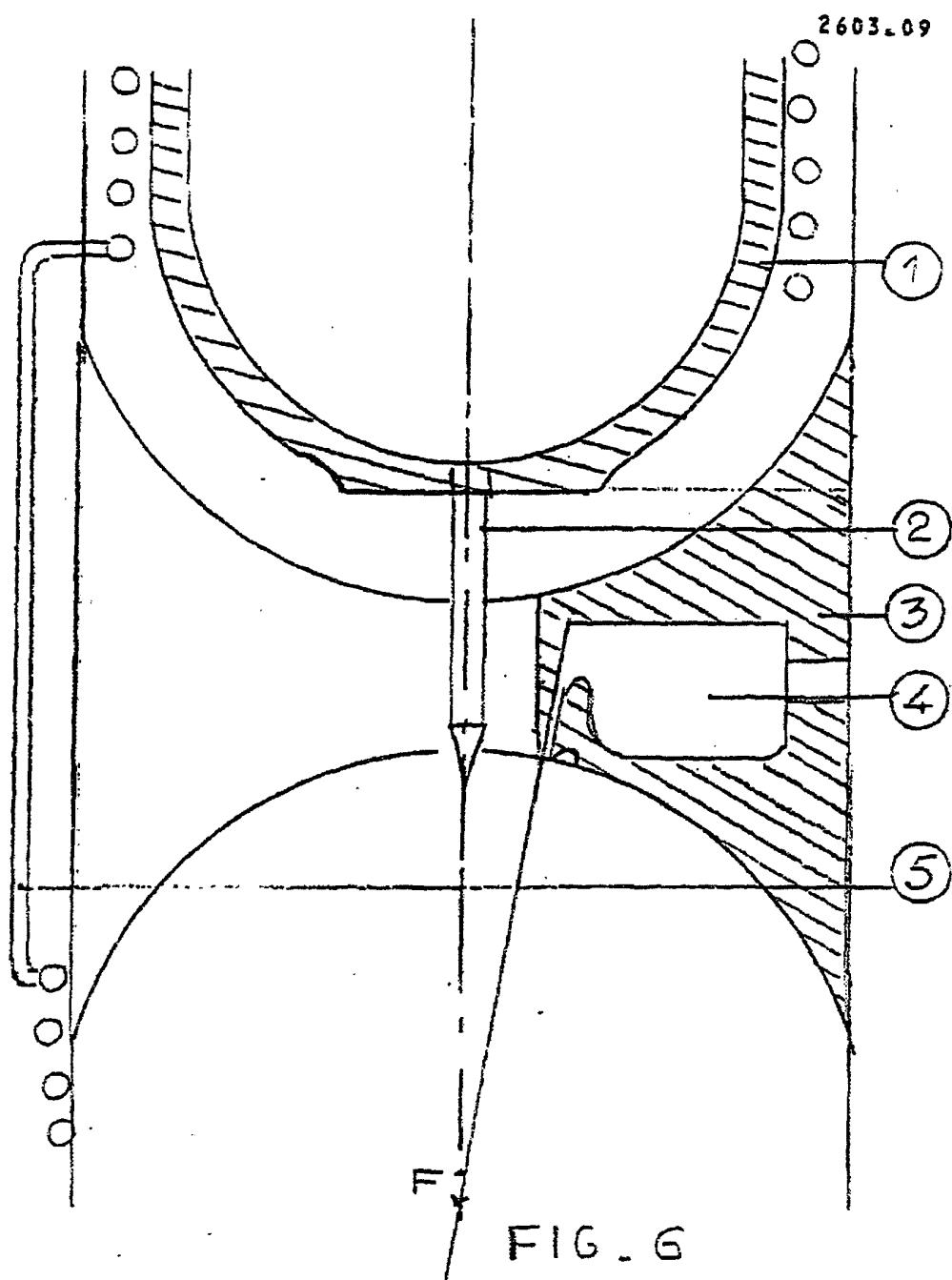


FIG. 5



81404 (4) TT390488

⑯ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑯ N° de publication :
la n'utiliser que pour les
commandes de reproduction/

2 603 209

⑯ N° d'enregistrement national : 86 12300

⑯ Int Cl^a : B 01 J 19/26.

⑯

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑯ Date de dépôt : 28 août 1986.

⑯ Demandeur(s) : SEROLE Bernard Pierre. — FR.

⑯ Priorité :

⑯ Inventeur(s) : Bernard Pierre Serole.

⑯ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 4 mars 1988.

⑯ Titulaire(s) :

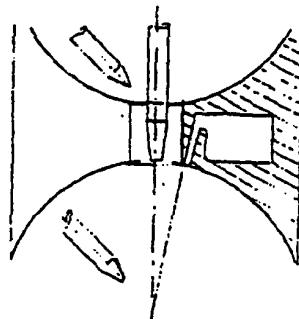
⑯ Références à d'autres documents nationaux appa-
rents :

⑯ Mandataire(s) :

⑯ Tuyère de réaction chimique continue.

⑯ L'invention concerne une tuyère de réaction chimique
continue permettant de mettre en contact les corps mis en jeu
dans une réaction chimique dans une zone de réaction précise
et bien localisée.

Le dispositif selon l'invention est constitué d'une tuyère
torique convergente distribuant un des corps sous forme de jet
conique d'angle faible convergent à grande vitesse en un
foyer. L'angle au sommet de ce jet est tel que le jet fluide
entraine les autres corps entrant dans la réaction dans le
foyer. Les corps secondaires sont injectés dans le foyer siège
de la réaction soit par aspiration dans la pré-chambre, soit
dans le foyer. Cette tuyère peut conjuguer atomisation de
métal liquide et réaction chimique.



FR 2 603 209 A1

D

La présente invention concerne une tuyère de réaction chimique ou physico chimique permettant, en fonctionnement continu, de mettre en contact homogène les composants participant à cette réaction chimique.

Les réactions chimiques mises en oeuvre dans l'industrie mettent en contact des corps à l'état solide, liquide ou gazeux qui réagissent avec consommation ou production de chaleur. Ces réactions se produisent économiquement dans des conditions bien précises de pression et température. Les corps sont dans des proportions bien précises, en général stoechiométriques. Il est important que ces conditions soient respectées en chaque point de l'espace et soient stables dans le temps.

L'état sous lequel chaque corps se présente est important par sa forme car les réactions chimiques sont des phénomènes de surface. Ainsi, un solide doit avoir une surface spécifique élevée. Un gaz doit avoir une répartition en volume élevée et une bonne convection. Un liquide doit être finement divisé. Or le principe de croissance de l'entropie montre que des molécules proches de forme et de dimensions se mélangent facilement tandis que des molécules de formes et dimensions éloignées refusent le mélange. Un solide ou un liquide doivent être exempts de couches de surface constituées d'oxydes, de gaz absorbés ou adsorbés, d'impuretés qui constituent autant de barrières à la réaction.

Les méthodes employées à ce jour pour mettre en contact plusieurs corps entrant dans une réaction chimique industrielle sont multiples et bien connues de l'homme de l'art. Nous citerons les principales.

On utilise l'écoulement en douche d'un liquide dans une atmosphère gazeuse ou sur un solide, l'injection d'un liquide ou d'un gaz sous pression dans une cuve, le barbottage de gaz dans un liquide ou l'introduction de gaz sous un solide finement divisé à un débit tel que le dit gaz fluidise le solide.

Envisageons une réaction chimique nécessitant la mise en présence dans une cuve appelée réacteur d'un fluide A avec un autre fluide B. La figure (1) montre comment on peut utiliser un diffuseur par disque poreux 1 ou un diffuseur par micro orifices 2. Le réacteur est chauffé si la réaction est endothermique; il est refroidi si elle est exothermique. Les fluides se mélangent progressivement et la réaction se propage dans tout le volume du réacteur selon la convection.

On peut améliorer le dispositif en injectant les fluides sous pression par des injecteurs comme le montre la figure (2). Dans ce cas, les jets sous pression se mélangent encore mal et progressivement bien que la convection soit forcée. Si l'un des composants est un liquide ou un solide 5 c'est pire. Tout jet de fluide en mouvement est le siège d'une pression statique et d'une pression dynamique. L'ensemble des deux constitue une barrière. La figure (3) montre comment un jet liquide tombant sur un jet gazeux à grande vitesse destiné à le disloquer en fait, rebondit sur lui pratiquement comme sur une surface solide en mouvement. Le liquide est 10 représenté en 1, le gaz est représenté en 2.

Il en résulte que très souvent l'ensemble des corps mis en présence ne sont pas traités de façon homogène ou trop lentement et donc ne réagissent pas de façon homogène. D'autre part, la localisation en volume est imprécise et conduit à effectuer ces réactions dans des enceintes de grande 15 dimension et de ne faire en continu qu'une réaction par cuve.

Le dispositif selon l'invention permet de localiser la réaction chimique dans un volume restreint et précisément situé dans l'espace et de mettre en contact les corps intervenant dans ladite réaction chimique de façon homogène et en les protégeant des impuretés. Il peut permettre de faire agir des corps dès leur formation, à l'état naissant. 20

Le dispositif selon l'invention fonctionne selon le principe suivant. Il fait l'objet de la figure (4). Un des composants de la réaction chimique de préférence le corps gazeux ou liquide qui a le plus grand débit en masse est distribué sous haute pression par une tuyère torique 1 dont la chambre 25 de stabilisation 2 s'ouvre par un passage calibré pour faire converger le fluide 3 en un point appelé foyer 4 et qui, en fait, est un petit volume focal. Le demi angle au sommet du cône constitué par l'écoulement du fluide avec l'axe de symétrie de la tuyère est assez petit, en général 7°, pour que le volume de gaz situé dans la préchambre 5 soit entraîné par frottement intermoléculaire ou interatomique vers le bas de la figure. 30

L'orifice 6 est traité en ajutage à lèvres coupantes si le fluide est un liquide pour assurer le décollement des filets de liquide. Si le fluide est un gaz l'orifice est traité en convergent divergent si le régime est subsonique et en buse spéciale comme décrit ci-dessous si le régime est supersonique ce qui est le plus souvent préférable. 35

Le cas où le fluide utilisé est un gaz et que l'on souhaite obtenir

un écoulement supersonique étant le seul qui présente une difficulté pour l'homme de l'art et qui nécessite des formes inhabituelles nous allons le détailler ci-dessous. Les formules de physique utilisées peuvent être trouvées dans tout traité moderne de mécanique des fluides. On se reportera sur la figure (4) à l'agrandissement du dessin du l'orifice portant les sections courantes S_x et S_y ; la section d'entrée S_1 , la section de gorge S_0 et la section de sortie S_2 . On notera bien que cet agrandissement ne correspond à aucune forme classique mais que c'est la coupe par un plan passant par l'axe de la tuyère. L'orifice dans l'espace est la figure engendrée par la rotation de cette figure autour de l'axe de la tuyère selon le cône de demi angle au sommet α . Ainsi des sections comme S_0 devront être calculées comme la différence de surface de deux cercles portées par un cône de demi angle au sommet $\pi - \alpha$.

Ces précautions étant prises, le principe de la conservation de l'énergie dans une détente adiabatique entre deux points x et y s'écrit en égalant la diminution d'enthalpie h à l'augmentation d'énergie cinétique:

$$h_x - h_y = 1/2(v_y^2 - v_x^2)/J = C_p(T_x - T_y)$$

ou:

h enthalpie

v vitesse

J équivalent mécanique de la calorie

C_p chaleur spécifique à pression constante

C_v chaleur spécifique à volume constant

T Température en degré Kelvin ou absolu ou $^{\circ}\text{C} + 273$

Pour les gaz parfaits, l'enthalpie est égale au produit de la chaleur spécifique par la température absolue.

Le principe de conservation en écoulement continu s'écrit en égalant les débits en masse dans les sections x et y :

$$m_x = m_y = s_x \cdot v_x / V_x = s_y \cdot v_y / V_y$$

La loi des gaz parfaits est:

$$P_x \cdot V_x = R \cdot T_x$$

ou:

R est la constante des gaz parfaits divisée par la masse moléculaire du gaz.

Si: $\gamma = C_p / C_v$
 $C_p - C_v = R/J$

$$C_p = \gamma R / (\gamma - 1) J$$

La chaleur spécifique à pression constante étant la dérivée partielle de l'enthalpie à température et pression constante, pour un écoulement isentropique, on a en deux points x et y:

$$T_x / T_y = (P_x / P_y)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (V_y / V_x)^{\gamma-1}$$

5 Pour une détente isentropique :

$$T_0 = T + V^2 / (2 C_p J)$$

Pour un écoulement adiabatique :

$$T_0 / T = (P_0 / P)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (V / V_0)^{\gamma-1}$$

La vitesse du son est :

$$a = \sqrt{\gamma R T}$$

Le nombre de Mach est v/a

$$\text{soit } M = \sqrt{2/(\gamma-1) \cdot (T_0/T - 1)}$$

Dans une tuyère supersonique, le nombre de Mach à la gorge de section S_0 est égal à 1.

15 Le rapport de section de la tuyère est :

$$\frac{S_x}{S_0} = \frac{M_x}{M_0} \sqrt{\frac{1 + [(\gamma-1)/2] M_x^2}{1 + [(\gamma-1)/2] M_0^2}} \left(\frac{\gamma+1}{\gamma-1} \right)^{\frac{\gamma-1}{2}}$$

Il faut noter que la forme de tuyère ainsi définie a une ressemblance avec une tuyère de Laval en coupe partielle et en redressant l'axe mais que sa forme est fondamentalement différente comme on l'a vu plus haut pour le calcul des sections. Chaque section S_1, S_0, S_2 est développée par rotation conique autour de l'axe de la tuyère et est portée sur le cône de demi angle au sommet $\pi - \alpha$.

25 Par ce moyen, le gaz est concentré au foyer F dans les conditions aerodynamiques les meilleures. Le bon réglage du demi angle α aux environs de 7° conduit à une aspiration de tout produit de la préchambre 5.

La figure (5) montre comment une telle tuyère peut être organisée pour mettre en contact les corps mis en jeu dans la réaction chimique ou physico chimique.

30 La tuyère 1 reçoit le gaz dans sa chambre 3 par des arrivées symétriques 2 et le distribue en vitesse supersonique au foyer F. La face inférieure 5 est sphérique et son équation est obtenue par dérivation du champ de pression qui est un champ hyperbolique dans le but d'éviter un baiss de pression en F. Elle se poursuit en tuyère de Laval classique pour faciliter l'évacuation vers le bas de la figure des produits de réaction. 35 Le deuxième corps liquide, solide ou gazeux est amené à travers la préchambre 6 par un injecteur ou une bus 7. Il est alors aspiré et introduit

de force en F au lieu d'être repoussé par cette zone de haute pression comme on l'a vu plus haut avec la figure (3). Sa présence renforce la pression en F. Une augmentation de chaleur par mélange ou réaction fait de même dans la proportion donnée par l'équation des gaz parfaits déjà vue:

$$P.V = R.T$$

Aussitot en aval de F, vers le bas de la figure, la pression est faible. On assiste donc à une détente explosive. La mise en vitesse brutale approximativement dans la demi sphère opposée à la tuyère se traduit par un chapeau ou nuage d'atomisation de centre F et l'évacuation violente des produits formés vers le bas de la figure.

Le volume focal entourant le foyer F est une zone homogène et un passage obligé de tous les corps entrant dans la réaction. Ici, le contact se fait au niveau atomique ou moléculaire. Pour un débit de gaz de $1000 \text{ NM}^3/\text{heure}$, la zone focale F peut avoir un diamètre de quelques millimètres seulement. La section de sortie vers le bas peut avoir un diamètre de 200 mm. Une puissance normale nécessaire pour comprimer $1000 \text{ NM}^3/\text{H}$ d'argon à seulement 15 bars absolus étant de 200 KW, on se rend compte des conditions de pression et vitesse qui règnent au foyer et du rendement exceptionnel du dispositif selon l'invention. Les corps solides, liquides ou gazeux complémentaires pouvant être introduits dans la zone de réaction F par les injecteurs de pré chambre 8 si ils sont en basse pression ou par injecteur focal 9 si ils sont en haute pression participeront au nuage d'atomisation. De cette manière la totalité des corps sera obligé de passer dans son état le plus réactif en F. Chaque mode d'introduction des corps à savoir la tuyère 1, l'injecteur central 7, l'injecteur de pré chambre 8, l'injecteur focal 9 peut amener un mélange ou des produits en réaction. Par exemple, la chambre de stabilisation de la tuyère 3 peut recevoir par deux entrées symétriques deux gaz différents et réactifs.

Selon une variante, le foyer F peut être soumis à un allumage électrique 10, d'un modèle connu. Dans ce cas, il sera appliqué de préférence une tension haute fréquence d'arc pilote entre les électrodes suivi du courant principal.

Dans la variante suivante, on transforme cet allumage électrique symbolisé en 10 par deux électrodes, une anode et un cathode donnant un arc électrique, on bénéficiera d'une augmentation de température et d'une

ionisation qui augmenteront le rendement de la réaction.

La présence d'un catalyseur sur un des circuits est possible.

La figure (6) montre un exemple de réalisation du dispositif. Un creuset préchauffé 1 équipé en son fond d'une busette calibrée 2 est monté dans la pré chambre de la tuyère 3 dont la chambre d'expansion 4 est alimentée par deux gaz réactifs qui vont congerger en F comme vu précédemment. Si le creuset est alimenté en métal liquide et que celui ci est aspiré vers le foyer F, il est atomisé en gouttelettes microniques en F par les gaz même avec lesquels il doit réagir. Le métal encore liquide est encore naissant, pas encore contaminé ni oxydé et réagit avec un rendement très supérieur. Les produits de réaction sont plus propres de qualité plus régulière et si la réaction est endothermique, on aura moins de chaleur à apporter; si elle est exothermique, on en aura plus à récupérer. La chaleur d'atomisation est avantageusement récupérée par un échangeur 5 pour réchauffer le creuset 6 ou une autre utilisation.

Les produits de réaction peuvent directement être récupérés dans un cyclone ou un autre dispositif de récupération sans avoir besoin de passer par une enceinte de grande dimension.

Le traitement et le conditionnement du gaz est connu par ailleurs, que ce soit en circuit fermé, ouvert ou mixte. C'est à dire par exemple fermé pour le gaz d'atomisation, ouvert pour les gaz de réaction.

L'avantage principal du dispositif est l'augmentation du rendement cependant, un autre avantage primordial du dispositif selon l'invention est, en concentrant la zone de réaction 25 d'éviter des cuves importantes. Ainsi, les problèmes de sécurité, de pollution et d'économie d'énergie sont simplifiés une deuxième fois.

REVENDICATIONS.

- 1) Dispositif permettant de localiser une réaction chimique en une zone réduite et précisément localisée par le moyen d'une tuyère convergente caractérisée par le fait qu'un ou plusieurs fluides convergent en un foyer sous forme de cône et entraînent par aspiration dans ce foyer les autres composants de la dite réaction chimique.
5
- 2) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que cette tuyère torique distribue le fluide gazeux selon une forme de tuyère supersonique développée selon une rotation conique autour de l'axe de la dite tuyère.
- 3) Dispositif selon la revendication 1 caractérisée en ce que le passage central de cette tuyère constitue la gorge d'une buse de Laval.
10
- 4) Dispositif selon la revendication 1 caractérisée en ce que les corps supplémentaires sont introduits par une buse ou un injecteur central coaxial avec le cône de fluide généré par la tuyère et dirigé vers le foyer.
15
- 5) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que les corps supplémentaires en basse pression sont introduits par un ou des injecteurs dans la pré chambre de la tuyère.
20
- 6) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le fluide amené par une busette par la pré chambre de la tuyère est un métal liquide à atomiser par le gaz ou le liquide de la tuyère.
- 7) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le foyer est encadré par un allumeur électrique.
25
- 8) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le foyer est soumis à un arc électrique.

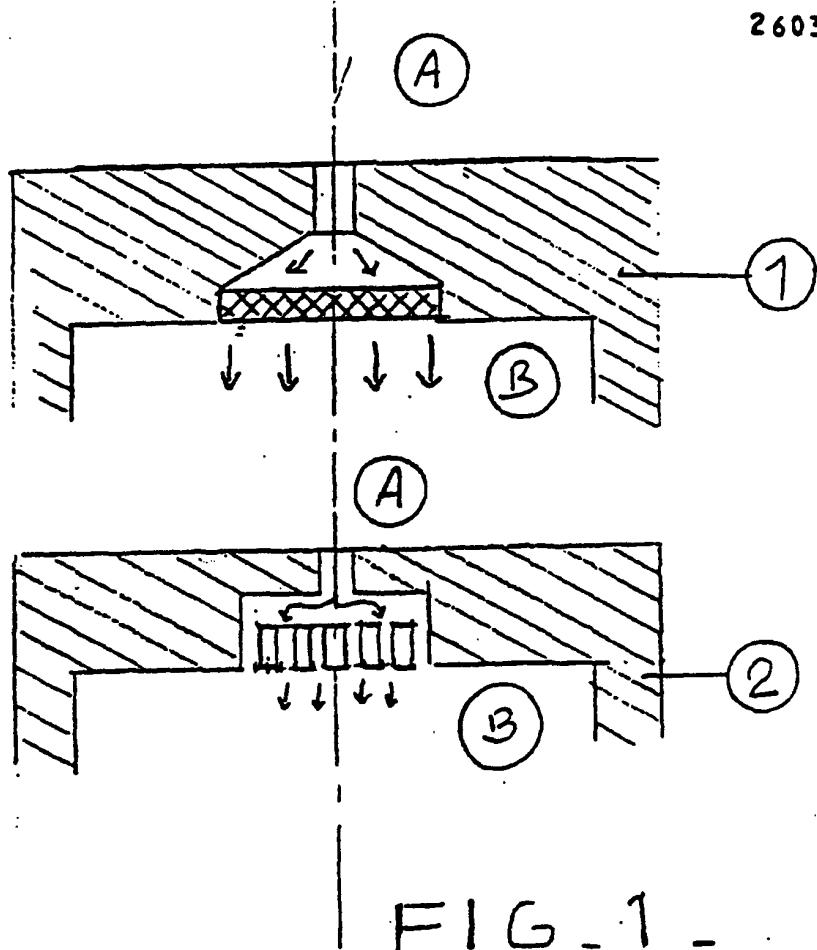


FIG. 1 -

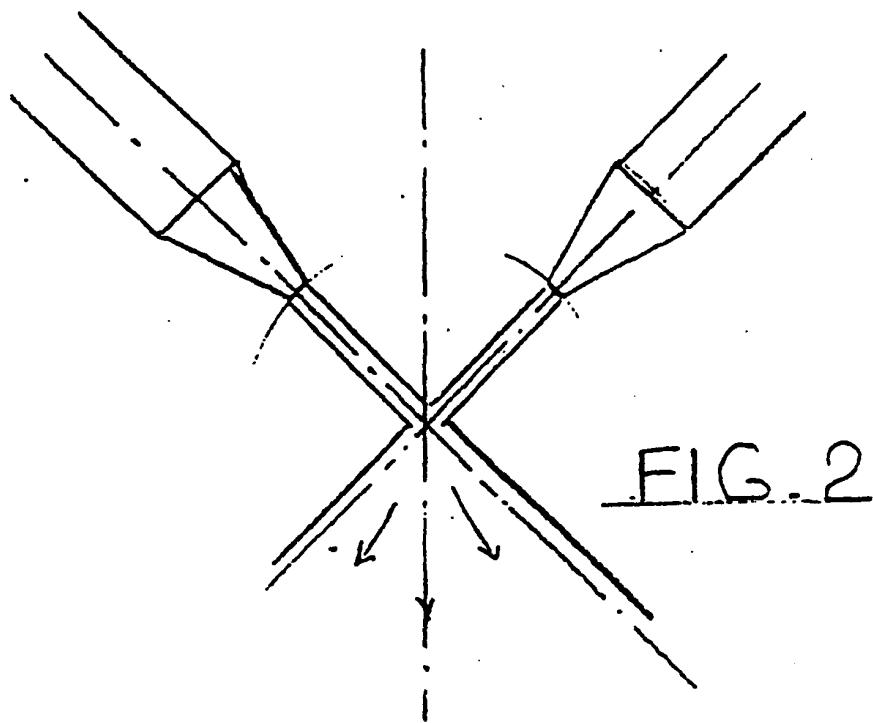


FIG. 2

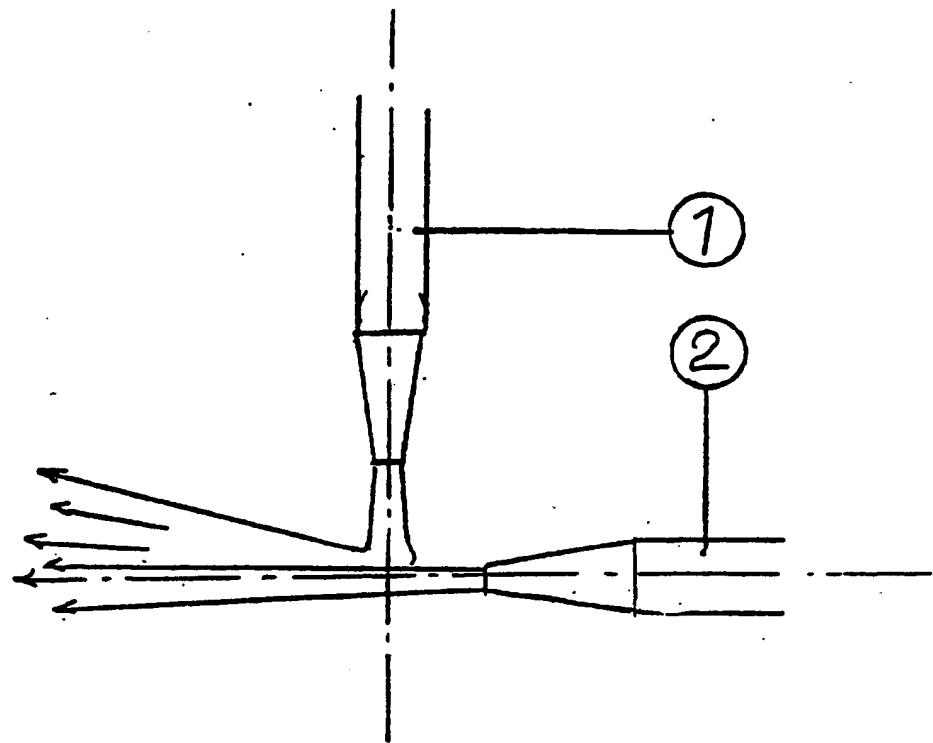


FIG. 3

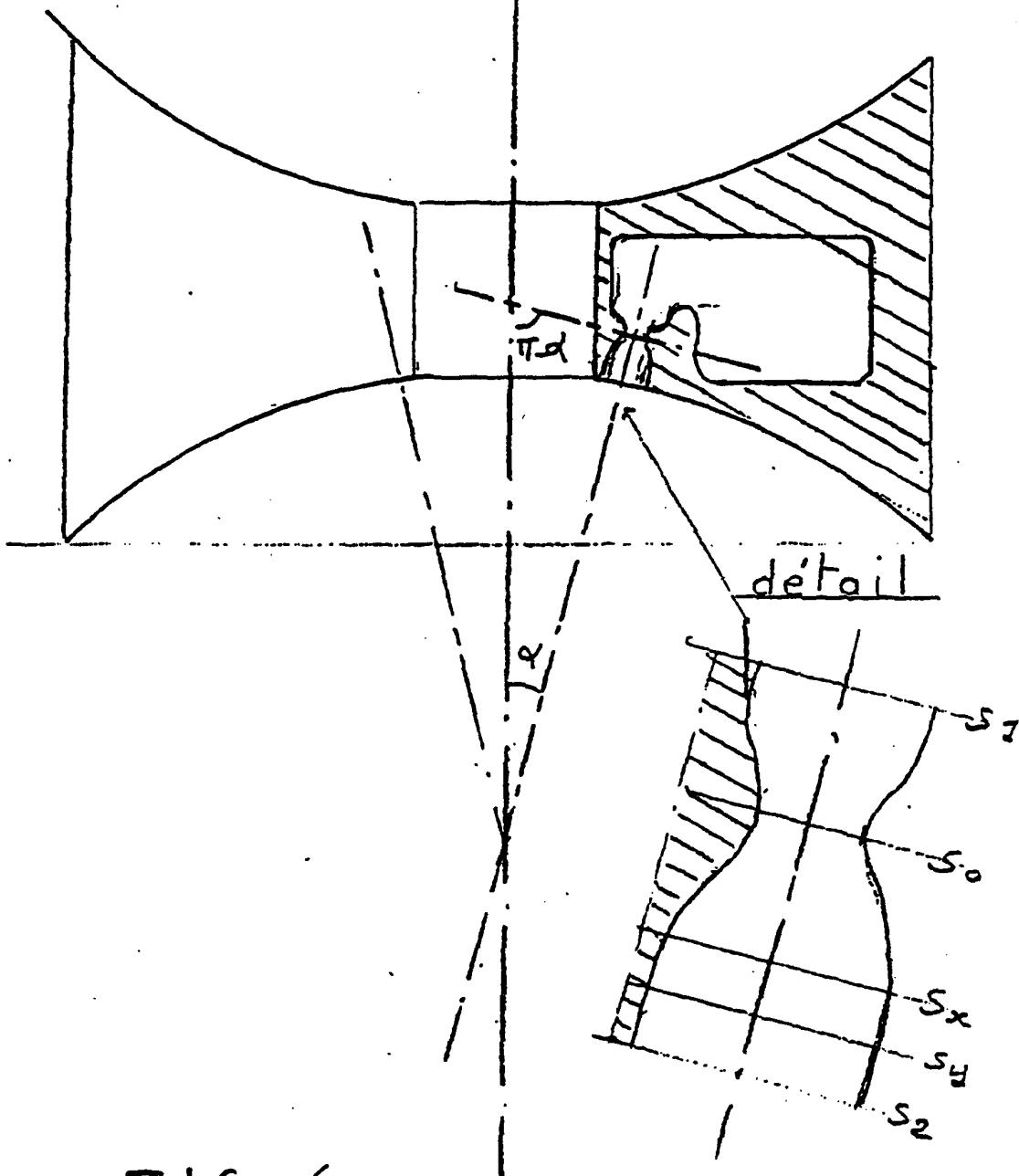


FIG. 4.

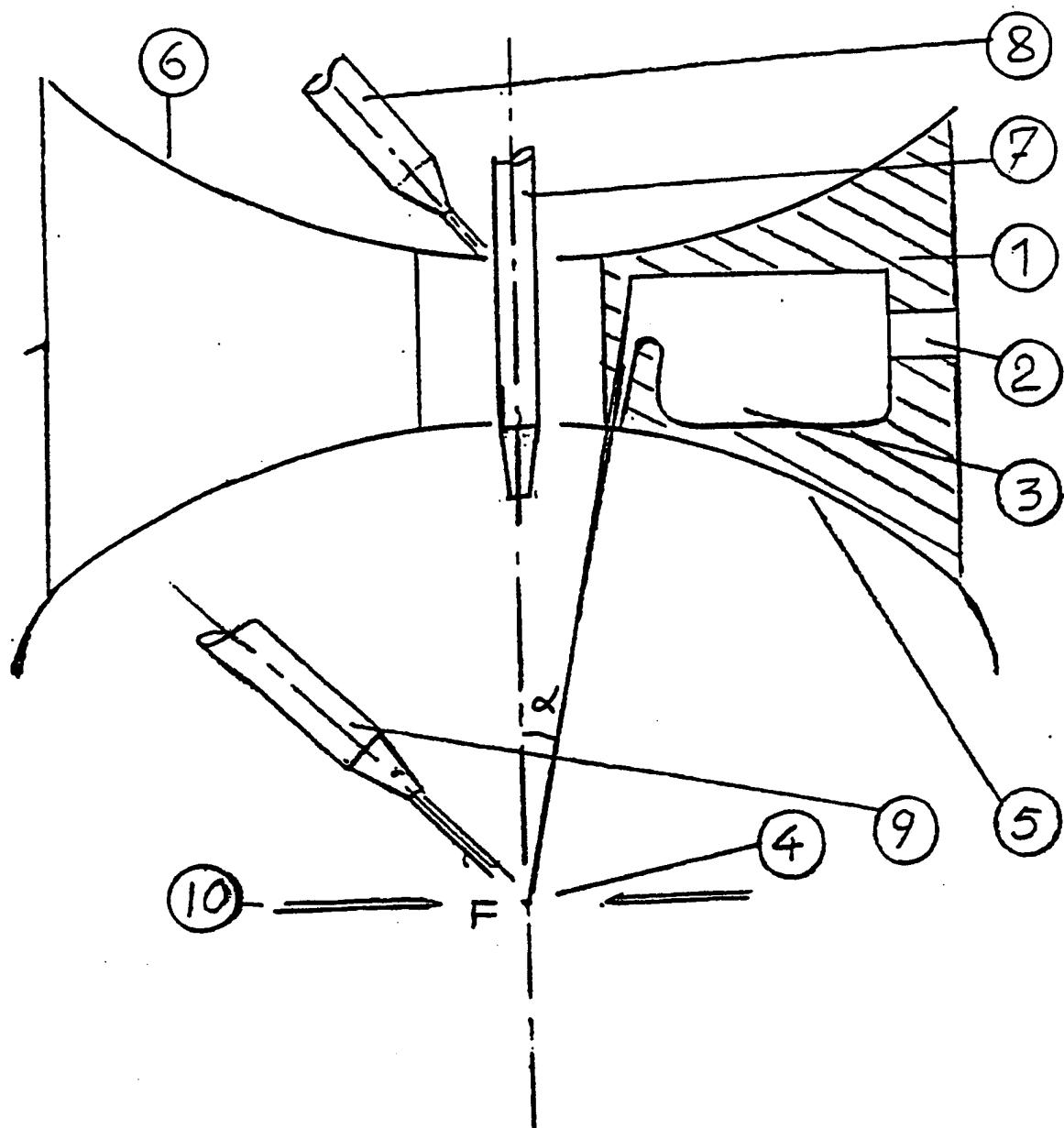


FIG. 5

